



TITLE:

The Statistical Studies of Non-Linear Control Systems Subjected to Random Inputs(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Sunahara, Yoshifumi

CITATION:

Sunahara, Yoshifumi. The Statistical Studies of Non-Linear Control Systems Subjected to Random Inputs. 京都大学, 1961, 工学博士

ISSUE DATE:

1961-03-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/210756>

RIGHT:

氏 名	砂 原 善 文 すな はら よし ふみ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 4 号
学位授与の日付	昭 和 36 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	The Statistical Studies of Non-Linear Control Systems Subjected to Random Inputs (不規則入力をうける非線型制御系の統計学的研究)
	(主 査)
論 文 調 査 委 員	教 授 榎 木 義 一 教 授 西 原 宏 教 授 沢 村 泰 造

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、実在の自動制御系には量的な大小を問わず、必ず非線型伝達特性が存在し、また制御系に対する入力、その大きさが時間に対して不規則に変化する信号であることに着目し、このような実際的な見地にたって制御系入力を、定常不規則信号に限定して、非線型制御系に対する統計学的制御理論を展開し、その応答の統計的評価、不規則入力をうける制御系の計画、構成に対する基礎理論を体系化したものである。

本論文は4部、合計14章、および11の付録からなり、本文緒言において、非線型制御系においては、制御回路信号の統計的性質が制御系入力のそれから異なってくるという、その本質的な特徴に起因して、統計学的線型制御理論のごとく、簡潔美麗な体系化ができないことを指摘し、この研究に存在する重要問題を明示し、後に記述される研究の方向を示唆している。

さて第I部においては、上述の難関を打破するために、制御回路内の非線型伝達要素を等価伝達要素に置換する手法が提案されている。すなわち、第I-A部においては、Zero-Memory 要素をも含めた Memory をもつ非線型要素に対する統計学的等価線型化手法に関する一般理論が展開されている。その手法は非線型要素の出力の現在値が、入力の過去値にも依存するという、いわゆる Memory という動的特性に対しては Laguerre 直交関数でこれを表現し、要素の非線型性という静的特性の表現には Hermite 直交関数を導入し、これらをもって、実在非線型要素を等価線型要素に最良近似置換を行なうものである。さらにその出力が入力の現在値のみに依存する Zero-Memory 型非線型要素においては Laguerre 直交関数をもって表現した Memory の特性が Delta 関数に帰することを示し、上述の一般理論の特別な場合として、その等価線型化手法を誘導している。したがって Zero-Memory 型非線型要素の場合は、これに対する等価線型化要素は当然“遅れ”のない純比例型要素となり、その等価ゲインの具体的計算法が、第I-A部後半に示され、不規則雑音によって乱された種々の入力信号をうける諸種の型の非線型要素の等価ゲインが具体的に与えられている。同時にこのような等価ゲインが入力の型式に応じて、すべて異なるという

非線型特性の本質的な特徴が定性的、定量的に明らかにされている。

第 I-B 部においては、この等価線型化手法を用いて、非線型制御回路応答の統計的評価、入力および応答の統計量間の関係曲線に現われる跳躍現象、定常不規則入力の印加されている状態において、制御回路にあらわれるリミット・サイクルの振幅、周波数の決定法について論及している。

以上の第 I 部における議論は、正規性定常不規則入力が制御系に加えられた場合、非線型要素を通過したために高周波成分を生じて非正規性となった不規則信号がフィードバックされてその非線型要素の入力側に再び現われるはずであるが、この信号がフィードバック回路において非線型要素に後続する積分性線型要素を通過することにより、高周波成分が強く減衰して、ほとんど正規性不規則信号に復するという仮定に立脚しているが、第 II 部においては、著者は制御系入力の確率密度関数が、非線型制御回路内において、どのように変化するかを、逐一定量的に追求し、非線型制御系のもつ本質を明確にした核心的な議論を展開している。その手法として著者は二つの解析法を提示している。その第 1 は非線型制御系の線型要素の荷重関数を直交展開し、第 I 部における上述の仮定の妥当性を定性的、定量的に保証し、しかる後、応答の確率密度関数を Gram-Charlier 型級数に展開して、半不変数、または高次積率を計算することによって、制御系の応答の確率密度関数を計算する方法であり、第 2 の手法は、統計学におけるマルコフ過程の理論を導入して、制御方程式から Fokker-Planck の方程式を形成し、これの解として応答の確率密度関数を一挙に求めるものである。これらの手法により、制御系応答の確率密度関数の、制御系入力のそれからのずれは、制御系内の非線型伝達特性のみならず、線型要素の動特性にも依存するという、従来までは全然解明されていなかった重要な事実を、著者は定量的な結果とともに明示している。

第 III 部は、第 I、第 II 部の解析的研究によって得た結果を応用して、制御系の制御性能を改善するという計画、構成の分野の問題を取り扱っている。とくに制御系が不規則入力をうけているとき、積極的に非線型特性をもつ要素を導入して制御性能を改善するという興味ある手法を示している。

これらの理論的研究は第 IV 部において記述されている実験的研究によって、その妥当性が示されている。結言は以上の研究成果を総括的に要約したものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、非線型自動制御系に対する入力として、定常不規則入力を考慮することにより、従来よりもはるかに実際的な立場にたって理論的、実験的研究を展開したものである。この分野の研究に統計学的手法の導入を必要とすることは当然であるが、非線型制御系においては、線型制御系におけるごとく、重畳の原理が成立しないため、従来その解析は全く困難視されていた。ここにおいて著者はまず、非線型要素を統計学的に等価線型化する手法を示し、非常に困難視されていた Memory をもつ非線型要素の統計的等価線型化に対する一手法を Laguerre ならびに Hermite 両直交関数を導入することによって成功している。さらにこの統計的等価線型化法を非線型制御回路に適用し、その応答の近似的な評価等種々の興味ある解析的研究結果、ならびに定常不規則入力に対する制御系の計画、構成の手法を詳細に示している。特に制御系に非線型伝達特性をもつ要素を積極的に導入して、その制御性能を改善するという斬新な手法が著者によって提案されており、この研究が実際の応用への重要な指針を与えていることは興味深いものである。

非線型制御系に不規則入力が印加されたとき、その応答の確率分布が不規則入力のそれから異なってく

ことは、すでに従来から問題となり、これを明確に究明することの重要性が各国において認識されていたが、いまだ解決を試みられたことはなかった。しかし著者によって、本論文において、はじめて制御回路の確率分布が定量的に逐一計算されていることは注目に値する。このことは、著者が第Ⅰ部において行なった種々の近似的な解析にあたって設けた仮定の妥当性を保証するのみならず、情報論、推測統計学への応用の可能性を示唆していることから、第Ⅱ部における記述は、その結論とともに寄与するところきわめて大きいものがある。

さらに本研究においては、理論的研究のみならず、実験的研究についても詳細に記述されており、その成果は今後の理論的研究、ならびにその実際応用面にも大いに貢献するものと考えられる。

このように本研究は自動制御の分野において、学術上ならびに工業上貢献するところが少なくなく、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

〔主論文公表誌〕

第Ⅰ部

第 1 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol.11 (1961), No.12 予定

第 2 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol. 8 (1958), No. 5

第 3 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol. 8 (1958), No.10
Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol. 9 (1959), No.12

第 4, 5 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol. 9 (1959), No. 5

第Ⅱ部

第 1～3 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol.11 (1961), No. 1

第 4 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol.10 (1960), No. 4

第 5 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol.11 (1961), No. 2

第Ⅲ部

第 1, 2 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol.10 (1960), No. 1

第Ⅳ部

第 1 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol. 9 (1959), No. 5

第 2 章 Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol.10 (1960), No. 4

Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University
Vol. 9 (1959), No. 5

〔参 考 論 文〕
な し